




# Method for compensating position of robot using laser measuring instrument

**Patent number:** DE10136691  
**Publication date:** 2002-04-11  
**Inventor:** HWANG WOO-DONG [KR]  
**Applicant:** HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]  
**Classification:**  
- international: B25J9/10  
- european: B25J9/16T5  
**Application number:** DE20011036691 20010727  
**Priority number(s):** KR20000057276 20000929

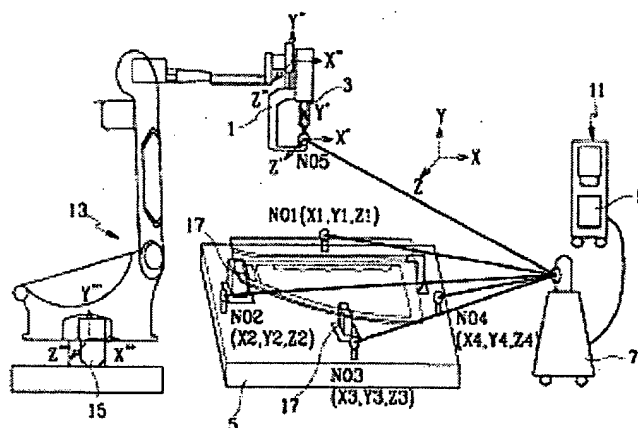
**Also published as:**

 US6509576 (B2)  
 US2002038855 (A)  
 JP2002103259 (A)

Abstract not available for DE10136691

Abstract of corresponding document: **US2002038855**

Disclosed is a method for compensating the position of a robot using a laser measuring instrument by establishing an origin coordinate system; irradiating laser beams onto reflectors and calculating distances to the reflectors; converting the origin coordinate system to an established coordinate system; generating coordinates of an end of a lower tip of a welding gun; calculating a position and posture of the robot; teaching the robot four or more postures; uploading position coordinates of the robot and robot teaching program data to a main computer; determining if an error between CAD data and data modeled through simulation is less than a predetermined value, revising the data if it is not or completing compensation of positions of the welding gun, the



robot and the jigs if it is; and  
downloading the robot teaching  
program to a robot controller.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 36 691 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**B 25 J 9/10**

⑳ Aktenzeichen: 101 36 691.4  
㉔ Anmeldetag: 27. 7. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 11. 4. 2002

③① Unionspriorität:  
00-57276 29. 09. 2000 KR  
⑦① Anmelder:  
Hyundai Motor Co., Seoul/Soul, KR  
⑦④ Vertreter:  
HOFFMANN · EITLE, 81925 München

⑦② Erfinder:  
Hwang, Woo-Dong, Ulsan, KR

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren zum Kompensieren einer Position eines Roboters unter Verwendung eines Laser-Meßinstruments

⑤⑦ Offenbart ist ein Verfahren zum Kompensieren der Position eines Roboters unter Verwendung eines Laser-Meßinstruments durch Bilden eines Ursprungskoordinatensystems; durch Strahlen von Laserstrahlen auf Reflektoren und durch Berechnen von Abständen zu den Reflektoren; durch Umwandeln des Ursprungskoordinatensystems zu einem gebildeten Koordinatensystem; durch Erzeugen von Koordinaten zu einem Ende einer unteren Spitze einer Schweißpistole; durch Berechnen einer Position und einer Stellung des Roboters; durch Belehren des Roboters über vier oder mehrere Stellungen; durch Hochladen von Positionskoordinaten des Roboters und von Roboter-Lehrprogrammdateien zu einem Hauptcomputer; durch Bestimmen, ob ein Fehler zwischen CAD-Daten und durch eine Simulation modellierten Daten kleiner als ein vorbestimmter Wert ist; durch Überarbeiten der Daten, wenn sie es nicht sind, oder durch Beenden einer Kompensation von Positionen der Schweißpistole, des Roboters und der Vorrichtungen, wenn sie es sind; und durch Herunterladen des Roboter-Lehrprogramms zu einer Robotersteuerung.

DE 101 36 691 A 1

772-386

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kompensieren der Position eines Roboters unter Verwendung eines Laser-Meßinstruments. Genauer gesagt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Kompensieren der Position eines Roboters, wobei ein Laser-Meßinstrument zum gleichzeitigen Kompensieren des Positionierens einer Schweißpistole, eines Schweißroboters, verschiedener am Werkstück befestigter Aufspannvorrichtungen bzw. verschiedener Vorrichtungen, etc. verwendet wird, so daß eine Roboter-Lehrprozeßzeit reduziert wird und eine Präzision einer Schweißstellen-Lehre für einen Kraftfahrzeug-Karosserieblechteil-Roboter erhöht wird.

[0002] Computersimulationen werden gemeinhin beim Entwickeln von Zusammenbauprozessen für Automobile verwendet. Das bedeutet, daß bei einer Verwendung von Computersimulationen alle Prozesse, die bei einer Produktionsentwicklung, einer Produktion und einer Installation von Produktions- bzw. Fertigungsabläufen und -straßen beteiligt sind, und der Betriebsablauf der Prozesse vor einer tatsächlichen Anwendung modelliert bzw. modellmäßig dargestellt bzw. entwickelt werden kann. Dann können durch ein Laufenlassen der Simulation Probleme vor einer tatsächlichen Implementierung erfaßt und richtiggestellt werden. Demgemäß wird die Zeit zum Vorbereiten für eine Produktion bzw. Fertigung reduziert, wird die Qualität erhöht und werden die Kosten minimiert. Zusätzlich zu diesem Vorteil werden Vorteile durch die Möglichkeiten einer Offline-Programmierung von Simulationen realisiert.

[0003] Da jedoch bei den Roboterprogrammen das Modellieren der Situationen, in welche die Roboter versetzt werden, bei der Verwendung von Simulationen auf CAD-Daten basiert, ist eine genaue Reproduktion der wirklichen Zustände bzw. Bedingungen nicht möglich. Das bedeutet, daß es im Ergebnis einen Unterschied zwischen dem Modell und der tatsächlichen Situation gibt, so daß eine direkte Anwendung der unter Verwendung der Simulationen entwickelten Roboter nicht möglich ist. Demgemäß ist es nötig, einen Kalibrierungsprozeß durchzuführen, bei welchem diese Unterschiede in den offline geschriebenen Programmen (d. h. Unterschiede zwischen den entwickelten Daten und tatsächlichen Umständen) kompensiert wird, wonach die kalibrierten Programme zu einer Robotersteuerung heruntergeladen werden.

[0004] Eine solche Kalibrierung der Positionen einer Schweißpistole, eines Schweißroboters, verschiedener an einem Werkstück befestigter Aufspannvorrichtungen bzw. verschiedener Vorrichtungen und anderer Produktionsmaschinerie, die in einer Kraftfahrzeug-Karosseriezusammenbau-Fertigungsstraße angeordnet sind, wird Roboter-Positionskompensationsverfahren genannt. Das herkömmliche Roboter-Positionskompensationsverfahren ist in zwei Unterverfahren aufgeteilt: ein Schweißpistolen-Kalibrierungsverfahren, bei welchem der Unterschied zwischen CAD-Modellierungsdaten einer Schweißpistole und Information über eine tatsächliche Schweißpistole kompensiert wird, und ein Layout-Kalibrierungsverfahren, bei welchem CAD-Modellierungsdaten der Positionierung von Robotern und Vorrichtungen und eine tatsächliche Positionierung der Roboter und Vorrichtungen kalibriert werden.

[0005] Als Beispiel des Schweißpistolen-Kalibrierungsverfahrens werden unter Bezugnahme auf die Fig. 3 und 4 bei einer Schweißpistole 53, die an einem Arm eines Kraftfahrzeug-Karosserieblechteil-Schweißroboters 51 angebracht ist, von welchem sechs Achsengelenke bzw. -verbindungen durch einen Servomotor (nicht gezeigt) angetrieben werden, Produktionsfehler der Schweißpistole 53 und An-

bringungsfehler des Roboters 51 kompensiert. Genauer gesagt wird in einem Schritt S100 zuerst ein Nadelstift 55, der ein spitzes Ende hat und aus Stahl hergestellt ist, erzeugt und innerhalb eines Wirkungsradius des Roboters 51 installiert bzw. eingebaut. Als nächstes lehrt der Anwender/Bediener den Roboter 51 durch eine Robotersteuerung 61 in einem Schritt S110 so, daß eine untere Spitze 57 der Schweißpistole 53 am Ende des Nadelstifts 55 positioniert ist.

[0006] Daraufgehend werden in einem Zustand, in welchem die untere Spitze 57 der Schweißpistole 53 am Ende des Nadelstifts 55 positioniert ist, in einem Schritt S120 eine Referenzstelle bestimmt und ein Belehren des Roboters 51 über wenigstens vier Stellungen durchgeführt. Als nächstes werden in einem Schritt S130 Lehrprogrammdateien entsprechend den vier oder mehreren Stellungen zu einem Hauptcomputer 59 übertragen. Zu dieser Zeit vereinigen sich die vier oder mehreren Stellungen bzw. Positionen des Roboters 51 nicht bei einer einzigen Stelle (d. h. der Referenzstelle) im Roboter-Lehrprogramm, was ein Ergebnis von Roboter-Positionsfehlern (eines Spiels) ist. Demgemäß gibt es als Ergebnis möglicherweise vier oder mehrere Referenzstellen.

[0007] Nach dem Obigen läuft das hochgeladene Roboter-Lehrprogramm auf dem Computer 59, der dann die vier oder mehreren Referenzstellen in einem Schritt 140 zu einer einzigen Stelle kompensiert. Als nächstes wird ein Fehler zwischen CAD-Daten eines Abstands von einer ersten Achse an einem Ende der unteren Spitze 57 der Schweißpistole 53 zu einer zweiten Achse, die ein Anschlußteil der Schweißpistole 53 ist, und durch eine Simulation modellierten Daten mit einem vorbestimmten Wert verglichen. Das bedeutet, daß in einem Schritt S150 bestimmt wird, ob der Fehler zwischen den CAD-Daten und den Simulationsdaten kleiner als der vorbestimmte Wert ist.

[0008] Wenn die Bedingung des Schritt S150 erfüllt ist, wird in einem Schritt S160 eine Positionskompensation der Schweißpistole 53 beendet und wird dann das Roboter-Lehrprogramm zur Robotersteuerung 61 heruntergeladen. Wenn jedoch die Bedingung des Schritts 150 nicht erfüllt ist, werden in einem Schritt S170 durch die Simulation modellierte Schweißpistolendaten überarbeitet, wonach der Schritt S160 durchgeführt wird, um dadurch das Schweißpistolen-Kalibrierungsverfahren zu beenden.

[0009] Nun wird ein Beispiel des Layout-Kalibrierungsverfahrens unter Bezugnahme auf die Fig. 5 und 6 beschrieben. In einem Zustand, in welchem eine Schweißpistole 53 an einem Arm eines Kraftfahrzeug-Karosserieblechteil-Schweißroboters 51 angebracht ist, sechs Achsengelenke bzw. -verbindungen, die durch einen Servomotor (nicht gezeigt) angetrieben werden, und Vorrichtungen 65, die eine Klammer, einen Lokalisierer bzw. Positionsgeber und einen Werkzeugbestückungsstift zum Steuern eines Kraftfahrzeug-Karosserieblechteils 63 enthalten, gemäß Auto-Fertigungsstraßen-Koordinaten eingebaut werden, werden Fehler in bezug auf die Positionierung des Roboters 51 und die Vorrichtungen 65 kompensiert. Dies wird nachfolgend detaillierter beschrieben.

[0010] Zuerst wird ein Abstand T1 unter Verwendung eines Metermaßes gemessen, um eine Position des Roboters 51 zu bestimmen, und wird ein Abstand T2 aus einer Roboter-Produktzeichnung bestimmt, wonach in einem Schritt S200 eine Roboter-Position berechnet wird. Als nächstes wird in einem Schritt S210 ein Paßstift 67, der aus Stahl hergestellt ist und ein spitzes Ende hat, das in ein NC-Loch eingefügt wird, um eine Vorrichtung 65 mit einer anderen zu verbinden, hergestellt und in eine der Vorrichtungen 65 eingebaut. Der Anwender/Bediener lehrt dann den Roboter durch eine Robotersteuerung 61 so, daß eine untere Spitze 57 der Schweißpistole 53 am Ende des Paßstifts 67 positio-

niert ist. In diesem Zustand wird in einem Schritt S220 eine Referenzstelle bestimmt, und ein Belehren des Roboters 51 in bezug auf wenigstens vier Stellungen wird durchgeführt. [0011] Nach dem Obigen werden in einem Schritt S230 Lehrprogrammdateien entsprechend den vier oder mehreren Positionen zu einem Hauptcomputer 59 übertragen. In einem Schritt S240 läßt der Hauptcomputer 59 dann das hochgeladene Roboter-Lehrprogramm laufen und führt unter Berücksichtigung der vier oder mehreren Referenzstellen, die sich nicht bei einer einzigen Stelle vereinigen, einen Vergleich von durch eine Simulation modellierten Daten durch, so daß Roboter-Positionsdaten kompensiert werden, um tatsächlichen Positionen zu entsprechen. Als nächstes wird in einem Schritt S250, nachdem eine Positionskompensation der Schweißpistole 53 beendet ist, das Roboter-Lehrprogramm zur Robotersteuerung 61 heruntergeladen, um dadurch das Layout-Kalibrierungsverfahren abzuschließen.

[0012] Jedoch wird beim herkömmlichen Roboter-Positionskompensationsverfahren, wie es oben beschrieben ist, eine Herstellungszeit als Ergebnis dessen erhöht, daß das Verfahren in zwei Unterverfahren aufgeteilt ist, die separat durchgeführt werden, d. h. das Schweißpistolen-Kalibrierungsverfahren, bei welchem der Unterschied bzw. die Differenz zwischen CAD-Modellierungsdaten der Schweißpistole und Information über die tatsächliche Schweißpistole kompensiert wird, und das Layout-Kalibrierungsverfahren, bei welchem CAD-Modellierungsdaten der Positionierung von Robotern und Vorrichtungen und einer tatsächlichen Positionierung der Roboter und Vorrichtungen kalibriert werden. Ebenso sind bei der tatsächlichen Messung der Roboter-Position Fehler normal, so daß eine durch eine Bedienoberfläche durchgeführte zweite Kompensationsprozedur erforderlich ist.

[0013] Die vorliegende Erfindung ist zum Lösen der obigen Probleme gemacht worden.

[0014] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Kompensieren der Position eines Roboters zu schaffen, wobei ein Laser-Meßinstrument zum gleichzeitigen Kompensieren des Positionierens einer Schweißpistole, eines Schweiß-Roboters, verschiedener Vorrichtungen, etc. verwendet wird, so daß eine Roboter-Lehrprozeßzeit reduziert wird und eine Genauigkeit einer Schweißstellen-Lehre für einen Kraftfahrzeug-Karosserieblechteil-Roboter verbessert wird.

[0015] Zum Erreichen der obigen Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Kompensieren der Position eines Roboters unter Verwendung eines Laser-Meßinstruments zur Verfügung. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf: (a) Bilden eines Ursprungskoordinatensystems durch Einbauen eines Reflektors in jedem einer Vielzahl von Vorrichtung-NC-Löchern eines Vorrichtungstisches, von welchem genaue Anordnungsstellen bekannt sind, basierend auf einem Autofertigungsstraßen-Koordinatensystem, Strahlen von Laserstrahlen auf die Reflektoren durch das Laser-Meßinstrument und Berechnen von Abständen zu den Reflektoren basierend auf Eigenschaften der zu einem Sensorkopf des Laser-Meßinstruments zurückreflektierten Laserstrahlen, Einstellen eines der NC-Löcher des Vorrichtungstisches als Ursprung, mit Linien, die sich vom Ursprung zu zwei anderen NC-Löchern ausdehnen, als X- und Y-Achsen und mit einer Linie normal zur Ebene, die durch die drei NC-Löcher gebildet wird, als Z-Achse; (b) in einer Steuerung des Laser-Meßinstruments, Umwandeln des Ursprungskoordinatensystems in ein gebildetes Koordinatensystem, um zu ermöglichen, daß das Laser-Meßinstrument das Ursprungskoordinatensystem als Autofertigungsstraßen-Koordinatensystem erkennt; (c) Erzeugen von Koordinaten eines Endes einer unteren Spitze einer Schweißpi-

stole durch Strahlen eines Laserstrahls auf einen am Ende der unteren Spitze der Schweißpistole eingebauten Reflektor und Berechnen eines Abstands zum Reflektor basierend auf den Eigenschaften des zum Sensorkopf des Laser-Meßinstruments zurückreflektierten Laserstrahls; (d) Berechnen absoluter Koordinaten des Endes der unteren Spitze der Schweißpistole durch Verwenden der in den Schritten (a) und (c) bestimmten Koordinaten, um einen Abstand zwischen den NC-Löchern und dem Ende der unteren Spitze der Schweißpistole zu berechnen, und Berechnen einer Position und einer Stellung des Roboters unter Verwendung der absoluten Koordinaten; (e) Belehren des Roboters über vier oder mehrere Stellungen durch Einstellen des Endes der unteren Spitze der Schweißpistole als Referenzstelle; (f) Hochladen von im Schritt (d) berechneten Positionskordinaten des Roboters und von Roboter-Lehrprogrammdateien des Schritts (e) zu einem Hauptcomputer; (g) Durchführen einer Fehlerkompensation durch den Hauptcomputer, wobei der Hauptcomputer das hochgeladene Roboter-Lehrprogramm laufenläßt und die vier oder mehreren Stellen kompensiert, die nicht zu einer einzigen Stelle konvergieren, so daß sich die Stellen bei der Referenzstelle vereinigen, welche am Ende der unteren Spitze der Schweißpistole ist, und die Stellen mit durch eine Simulation modellierten Daten unter Berücksichtigung der Vielzahl von Stellen der Vorrichtung vergleicht, so daß veranlaßt wird, daß die Stellen einem aktuellen bzw. tatsächlichen Positionsstandard entsprechen; (h) Bestimmen, ob ein Fehler zwischen CAD-Daten entsprechend dem Abstand zum Ende der unteren Spitze der Schweißpistole und durch eine Simulation modellierten Daten kleiner als ein vorbestimmter Wert ist; und (i), wenn der Fehler zwischen den CAD-Daten des Abstands zum Ende der unteren Spitze der Schweißpistole und den durch eine Simulation modellierten Daten kleiner als der vorbestimmte Wert ist, Beenden einer Kompensation von Positionen der Schweißpistole, des Roboters und der Vorrichtungen und Herunterladen des Roboter-Lehrprogramms zu einer Robotersteuerung.

[0016] Gemäß einem Merkmal der vorliegenden Erfindung werden bei einem Schritt (h), wenn der Fehler zwischen den CAD-Daten des Abstands zum Ende der unteren Spitze der Schweißpistole und den durch eine Simulation modellierten Daten größer als der oder gleich dem vorbestimmten Wert ist, durch eine Simulation modellierte Schweißpistolendaten überarbeitet, und dann wird der Schritt (i) durchgeführt.

[0017] Die beigefügten Zeichnungen, die in der Beschreibung enthalten sind und einen Teil von ihr bilden, stellen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dar und dienen zusammen mit der Beschreibung zum Erklären der Prinzipien der Erfindung.

[0018] Fig. 1 ist eine schematische Ansicht eines Roboter-Positionskompensationssystems gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0019] Fig. 2 ist ein Ablaufdiagramm eines Roboter-Positionskompensationsverfahrens unter Verwendung eines Laser-Meßinstruments gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0020] Fig. 3 ist eine schematische Ansicht eines herkömmlichen Schweißpistolen-Positionskompensationssystems;

[0021] Fig. 4 ist ein Ablaufdiagramm eines herkömmlichen Schweißpistolen-Positionskompensationsverfahrens;

[0022] Fig. 5 ist eine schematische Ansicht eines herkömmlichen Roboter- und Vorrichtungs-Positionskompensationssystems; und

[0023] Fig. 6 ist ein Ablaufdiagramm eines herkömmlichen Roboter- und Vorrichtungs-Positionskompensations-

- Leerseite -

FIG. 1

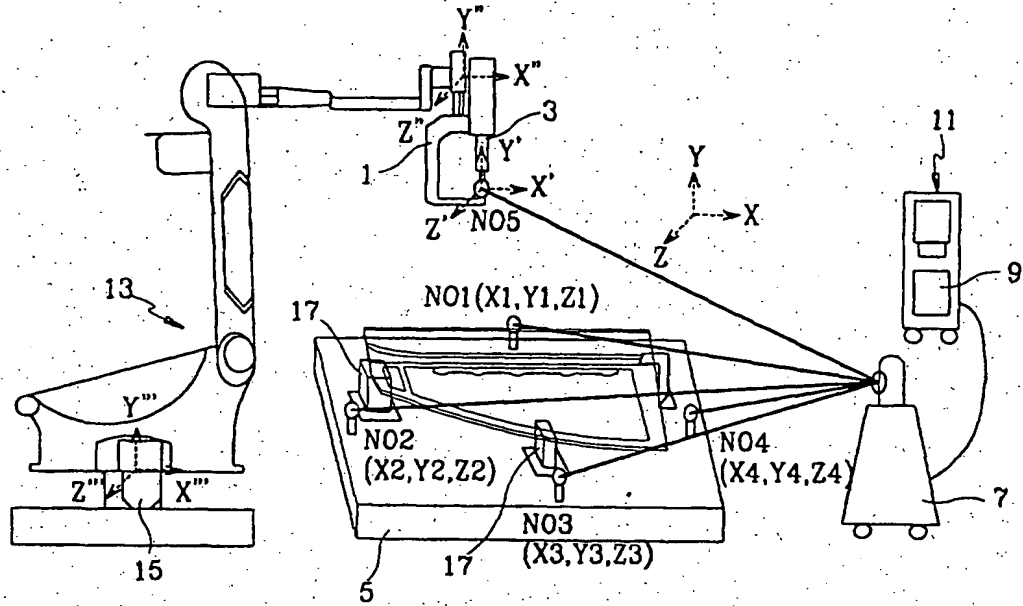


FIG. 2

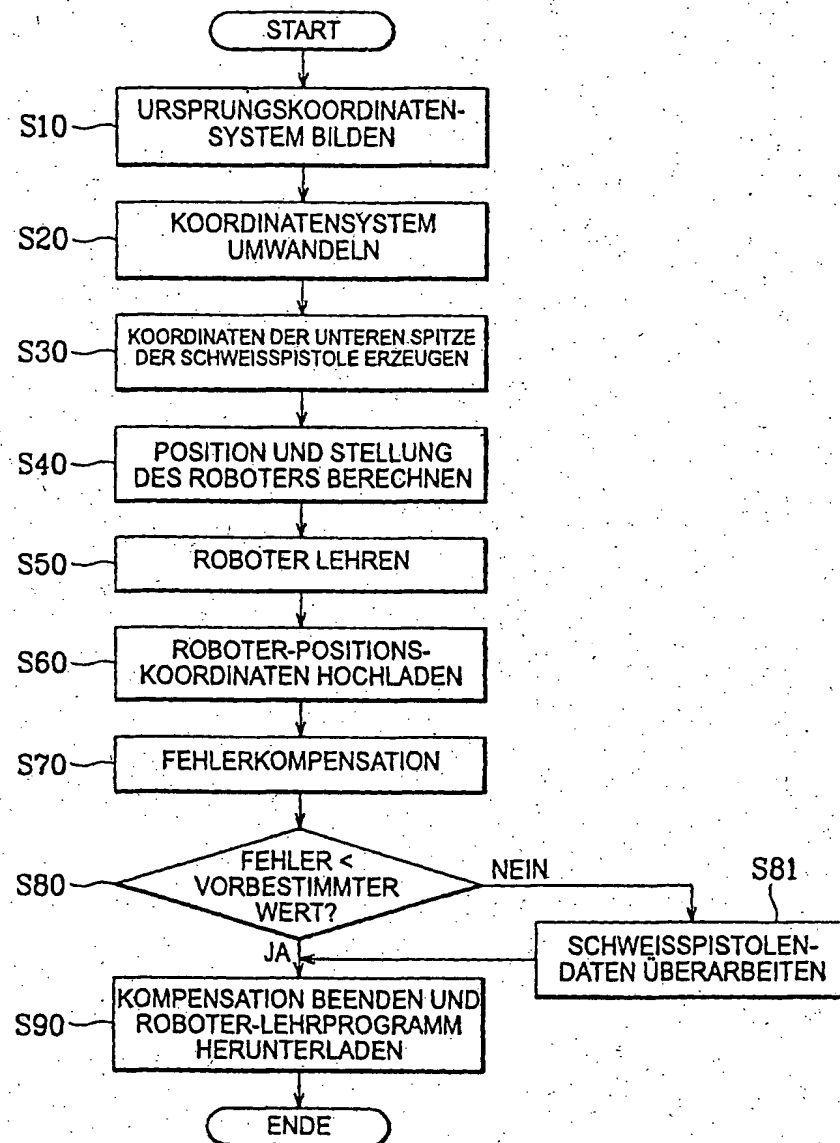




FIG.3

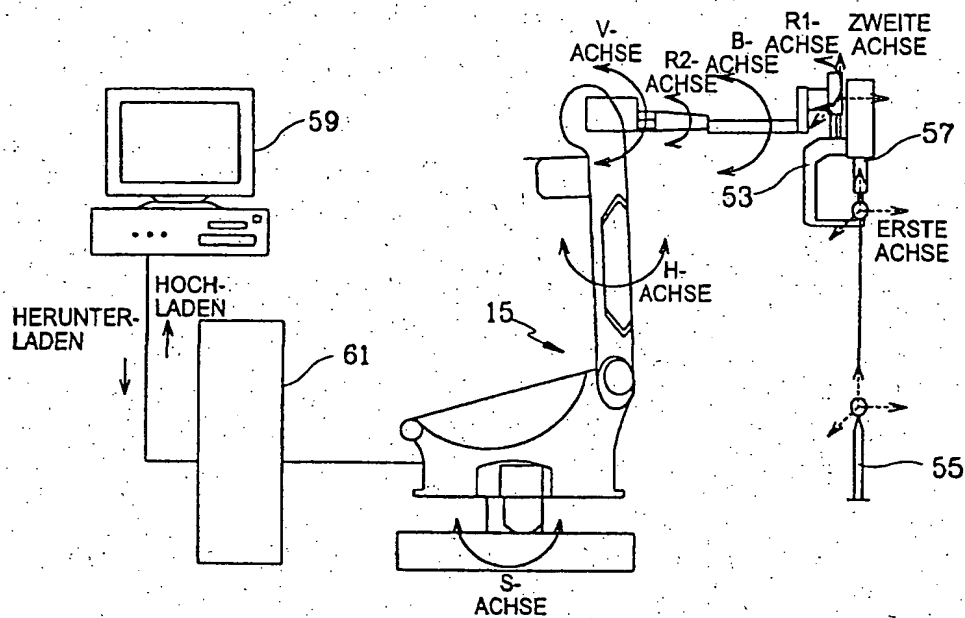
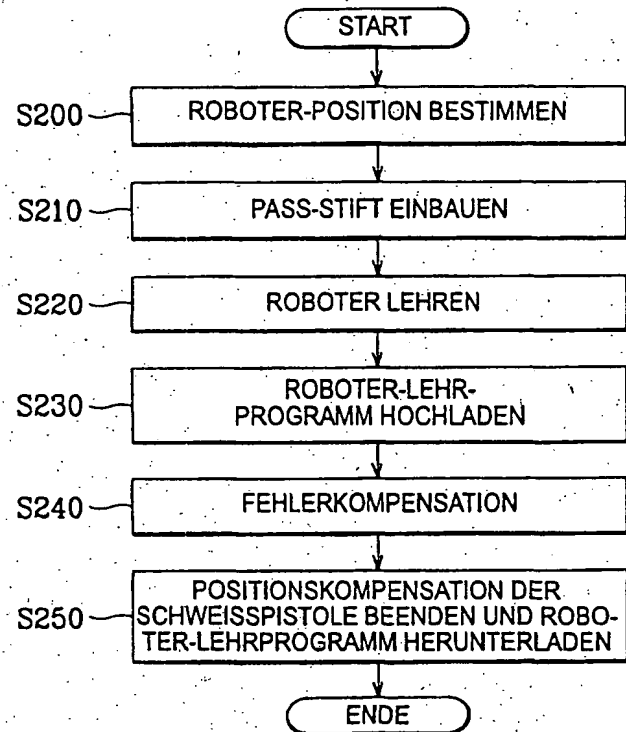


FIG. 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**